

# GLASS FOR LASER BEAM MACHINING

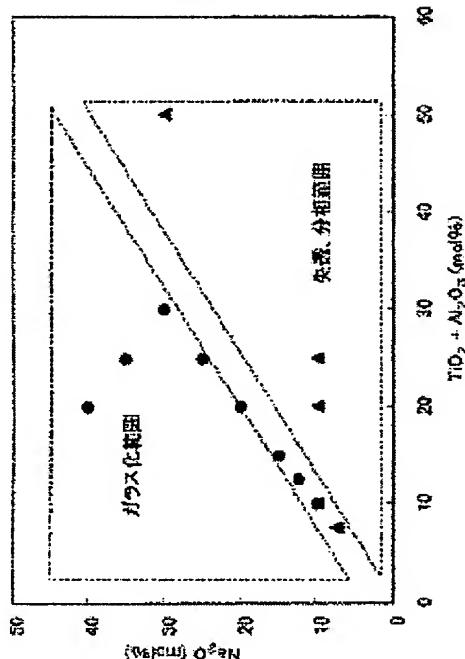
Patent number: JP2004107198  
Publication date: 2004-04-08  
Inventor: KOMOCHI HIROTAKA; TSUNETOMO KEIJI  
Applicant: NIPPON SHEET GLASS CO LTD  
Classification:  
- International: C03C3/091; C03C3/062; C03C3/064; C03C3/078;  
C03C3/083; C03C3/085; C03C3/087; C03C3/089  
- european:  
Application number: JP20030199895 20030722  
Priority number(s): JP20020214983 20020724; JP20030199895 20030722

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2004107198

<P>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide glass for laser beam machining which is capable of being machined to extend to the inside of the glass such as to be penetrated by the laser machining using ablation or vaporization by absorbed laser beam energy with precision machining and has small thermal expansion coefficient. <P>SOLUTION: The glass for laser beam machining contains titanium in an atomic, colloidal or ionic form and has a composition in the following range. That is, 60-79 mol% in total of net work-forming oxides ( $\text{SiO}_2$ ),  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 5-20 mol% in total of intermediate oxides ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{BaO}$ ) and 5-20 mol% in total of modifying oxides ( $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{BaO}$ ). Where, it is essential to contain 5-20 mol%  $\text{TiO}_2$ . It is preferable that total amount of the intermediate oxides is <=90% of total amount of the modifying oxides. <P>COPYRIGHT: (C) 2004, JPO

ガラス化  
ガラス化範囲



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-107198

(P2004-107198A)

(43) 公開日 平成16年4月8日(2004. 4. 8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 1

テーマコード(参考)

CO3C 3/091  
 CO3C 3/062  
 CO3C 3/064  
 CO3C 3/078  
 CO3C 3/083

CO3C 3/091  
 CO3C 3/062  
 CO3C 3/064  
 CO3C 3/078  
 CO3C 3/083

4 G 062

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-199895 (P2003-199895)	(71) 出願人	000004008 日本板硝子株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
(22) 出願日	平成15年7月22日 (2003. 7. 22)	(74) 代理人	100128152 弁理士 伊藤 傑哉
(31) 優先権主張番号	特願2002-214983 (P2002-214983)	(72) 発明者	小用 広隆 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内
(32) 優先日	平成14年7月24日 (2002. 7. 24)	(72) 発明者	常友 啓司 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

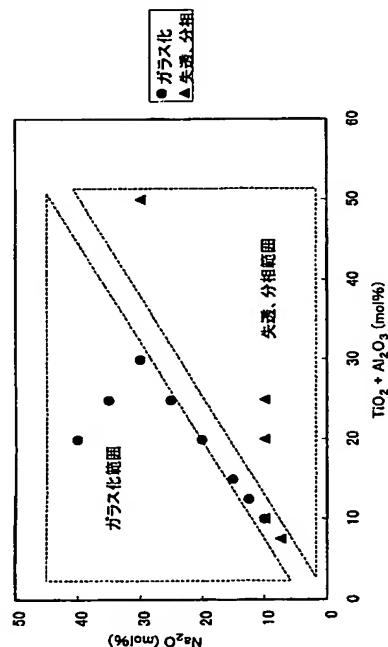
(54) 【発明の名称】 レーザ加工用ガラス

## (57) 【要約】

【課題】吸収したレーザ光エネルギーによるアブレーションあるいは蒸発を利用するレーザ加工でガラスを貫通するようなガラス内部にいたる加工が行え、かつ熱膨張係数が小さく、精密な加工が可能なレーザ加工用ガラスを提供する。

【解決手段】本発明のレーザ加工用ガラスは、チタンを原子、コロイドまたはイオンの形態で含み、次のような範囲の組成を有する。すなわち、網目形成酸化物 ( $\text{SiO}_2$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ ) の総量が 60 ~ 79 モル%、中間酸化物 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ ) の総量が 5 ~ 20 モル%、修飾酸化物 ( $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ ) の総量が 5 ~ 20 モル%の範囲とする。ただし、 $\text{TiO}_2$  は 5 ~ 20 モル%の範囲で含有することが必須である。また、中間酸化物の総量は修飾酸化物の総量の 90 %以下とすることが望ましい。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

吸収したレーザ光エネルギーによるアブレーションまたは蒸発によりレーザ加工が可能なレーザ加工用ガラスにおいて、

前記ガラスの組成が次の条件を満たすことを特徴とするレーザ加工用ガラス。

$$60 \leq (SiO_2 + B_2O_3) \leq 79 \text{ モル\%}$$

$$5 \leq (Al_2O_3 + TiO_2) \leq 20 \text{ モル\%}$$

$$5 \leq (Li_2O + Na_2O + K_2O + Rb_2O + Cs_2O + MgO + CaO + SrO + BaO) \leq 20 \text{ モル\%}$$

ただし、 $5 \leq TiO_2 \leq 20$  モル%とする。

10

## 【請求項 2】

前記組成が次の条件を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工用ガラス。

$$(Al_2O_3 + TiO_2) / (Li_2O + Na_2O + K_2O + Rb_2O + Cs_2O + MgO + CaO + SrO + BaO) \leq 0.9$$

## 【請求項 3】

前記組成が次の条件を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のレーザ加工用ガラス。

$$70 \leq (SiO_2 + B_2O_3) \leq 79 \text{ モル\%}$$

$$10 \leq TiO_2 \leq 15 \text{ モル\%}$$

$$10 \leq Na_2O \leq 15 \text{ モル\%}$$

20

## 【請求項 4】

前記ガラスの熱膨張係数が  $100 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  以下であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工用ガラス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ加工用ガラスに関し、特にレーザ加工に適したガラス組成を有するガラスに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

レーザ光のエネルギーを用いた材料加工技術は、近年、微細加工の領域に進展しつつある。

マスクパターンを用いた加工技術においては、パターニング技術の発展やレーザの短波長化により、加工可能な長さがマイクロメートルからさらに短い、ナノメートルの領域に入っている。

他方、レーザを用いた直接加工もレーザ光のパルス幅の短縮化、短波長化を進めた結果、ポリイミド等の有機物や金属の加工においては、マイクロメートルの領域で加工が進められている。

## 【0003】

また、レーザを用いた穴開けなどの加工は、熱加工からアブレーション加工へと進展している。アブレーションは、きわめて狭いパルス幅のレーザ光を照射することで、短時間の内に照射部位の材料を溶融から蒸発にまで移行させる現象である。パルス幅の長短によってビーム照射部位の周辺への熱的影響の程度が異なる。熱拡散が起こる前にビームの照射が終了するような超短パルスレーザを用いた加工では、ほとんど熱影響層が発生しない、精密で微細な穴開けが可能になる。

40

## 【0004】

しかし、実際の加工に用いられているレーザの多くはパルス幅がナノ秒オーダ以上であり、これでは熱の影響は避けられないで、紫外光による光化学反応を利用している。エキシマレーザ等の短波長のレーザ光は、1 光子当たりのエネルギーが大きいために、分子骨格を形成している化学結合を切断することができる。

50

## 【0005】

上述のように、従来は照射するレーザの波長やパルス幅などを選択することで微細加工を可能にしてきたが、レーザを照射する材料を改良するという観点ではあまり検討が進んでいない。光学的応用には透明材料であるガラスの加工が重要である。例えば、レーザ加工に適したガラスを提供するため、ガラスへ銀をイオン交換で導入することにより、レーザの加工しきい値を低減させ、クラックの発生しにくいガラスを提供する技術が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

## 【0006】

## 【特許文献1】

特開平11-217237号公報

10

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、多くのアルカリ金属を含むガラスでは、銀イオン交換によって銀イオンを内部に導入できるものの、銀イオンはガラス表面近傍で還元され、ガラス内部への拡散が阻害されるという現象が生じる。このため有効なレーザ加工領域がガラス表面近傍に限られ、ガラス板に貫通孔を開けるなどガラス内部に及ぶ加工は依然として困難である。また、イオン交換速度が遅く、ガラス内部までイオンを到達させることが困難であるという問題もあった。

## 【0008】

また、銀イオン交換により作製したレーザ加工用ガラスは、アルカリ金属やアルカリ土類金属を多く含むために、その熱膨張係数が大きい、という問題があった。レーザ加工においては、レーザ照射部に熱が発生するために、レーザ照射部およびその近傍は熱膨張の差による応力が生じ、変形が起こる。ガラスの熱膨張係数が大きいと、レーザの照射中と照射後では加工部の大きさが変わるので、加工部の寸法精度が悪化することもある。

## 【0009】

また、光学素子は通常、温度変化によって生じる寸法変化の小さいことが望ましい。上記のような寸法変化は光学素子の特性変動を引き起こす、という問題もある。

上記課題を解決するために、本発明ではガラスを貫通するようなガラス内部にいたるレーザ加工が可能で、かつ従来に比べてその熱膨張係数が小さいレーザ加工用ガラスを提供することを目的とする。

30

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明のガラスは、吸収したレーザ光エネルギーによるアブレーションまたは蒸発により加工が可能である。

本発明のガラス組成は次の条件を満たす。

$$60 \leq (SiO_2 + B_2O_3) \leq 79 \text{ モル\%}$$

$$5 \leq (Al_2O_3 + TiO_2) \leq 20 \text{ モル\%}$$

$$5 \leq (Li_2O + Na_2O + K_2O + Rb_2O + Cs_2O + MgO + CaO + SrO + BaO) \leq 20 \text{ モル\%}$$

ただし、 $5 \leq TiO_2 \leq 20$  モル%とする。

40

このレーザ加工用ガラスは、チタンを原子、コロイドまたはイオンの形態で含むことが好ましい。

## 【0011】

上記の組成のガラスにおいては、 $SiO_2$  と  $B_2O_3$  はガラスの網目形成酸化物であり、ガラスとしての骨格を形成する。 $SiO_2$  と  $B_2O_3$  の合計量が 79 モル%を超えるとガラスの溶融が困難になるので、この合計量は 79 モル%以下が好ましい。

また、修飾酸化物である  $Li_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、 $Rb_2O$ 、 $Cs_2O$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、または  $BaO$  は、ガラスの網目構造を一部破壊するので、高温での粘性を弱めることや粘性の温度傾斜を緩くするために用いられる。この効果が現れ易くするために、修飾酸化物の合計量は 5 モル%以上が好ましい。

50

## 【0012】

$\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{TiO}_2$  は中間酸化物であり、網目形成酸化物である  $\text{SiO}_2$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  と、修飾酸化物である  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、および  $\text{BaO}$  のバランスに応じて、網目形成酸化物としても修飾酸化物としてもガラス中で存在することができる。特に  $\text{TiO}_2$  は、レーザによる加工しきい値を下げるために必要な成分であり、5モル%以上とすることが好ましい。

また、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{TiO}_2$  との合計量が修飾酸化物の合計量を超えるとガラス化し難いので、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{TiO}_2$  との合計量は20モル%以下とすることが好ましい。

## 【0013】

また上記の組成のガラスにおいては、網目形成酸化物である  $\text{SiO}_2$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  の成分を多くし、修飾酸化物である  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、および  $\text{BaO}$  をできるだけ少なくすることによって、その熱膨張係数を小さくすることを可能とした。

このように網目形成酸化物である  $\text{SiO}_2$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  の成分を多くするために、 $\text{SiO}_2$  と  $\text{B}_2\text{O}_3$  の合計量は60モル%以上とした。また、修飾酸化物である  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、および  $\text{BaO}$  をできるだけ少なくするために、これらの合計量は20モル%以下とした。

## 【0014】

上記組成の範囲内で、

$$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) / (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) \leq 0.9$$

の条件を満たすことが、より均一なガラスを一般的な溶融方法で得るために望ましい。

## 【0015】

さらに、つぎの範囲

$$70 \leq (\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 79 \text{モル\%}$$

$$10 \leq \text{TiO}_2 \leq 15 \text{モル\%}$$

$$10 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 15 \text{モル\%}$$

を満たすガラス組成が熱膨張係数の低減、レーザ加工性の向上の両方の観点から最も望ましい。

## 【0016】

ここで、網目形成酸化物である  $\text{SiO}_2$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  の合計量を70モル%以上とし、修飾酸化物である  $\text{Na}_2\text{O}$  を15モル%以下とすることにより、熱膨張係数をさらに低下させることができる。

また、レーザによる加工しきい値を下げるために必要な成分である  $\text{TiO}_2$  を10モル%以上とすることにより、レーザ加工性をさらに向上させることができる。ただし、 $\text{TiO}_2$  が修飾酸化物である  $\text{Na}_2\text{O}$  よりも多いためガラス化し難いので、 $\text{TiO}_2$  は15モル%以下とすることが好ましい。

また、網目形成酸化物である  $\text{SiO}_2$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  の合計量を70モル%以上としたため、修飾酸化物である  $\text{Na}_2\text{O}$  は10モル%以上とすることが好ましい。修飾酸化物を多くすることにより、高温での粘性を弱めることや粘性の温度傾斜を緩くするためである。

## 【0017】

レーザ光を吸収した際にガラスの構造の変化もしくは吸収率の変化が生じ、アブレーショーンあるいは蒸発が生じる。上記本発明の組成のガラスは、その現象を生じさせ加工を行うのに必要なエネルギーが小さいので、その加工しきい値が低い。また、本発明のレーザ加工用ガラスはイオン交換などによるガラスの改質を行わず、必要な組成を溶融によって得るために厚さ方向に実質的に均一とすることができます。このため、ガラス表面近傍の加工に留まらず、ガラス板に貫通孔を開けるなどガラス内部に及ぶ加工も容易に行うことができる。ここで、「厚さ方向に実質的に均一」とは、ガラスの内部までレーザ加工ができる程度にガラス組成が均一であることをいう。

## 【0018】

10

20

30

40

50

また、本発明のガラスは、熱膨張係数が  $100 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  下ることが好ましい。

### 【0019】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の目的は、ガラスのレーザ加工性の改善にあり、さらにその低いエネルギーによる加工が、ガラス表面から内部に亘って行えることにある。そのため、均一なガラスを作製する必要があるが、均一なガラスができるかどうかは、実際に溶融、キャスト、徐冷を行うことによって確かめた。

### 【0020】

#### (ガラスの製造方法)

作製するガラスが 200 g になるように原材料の調合を行った。これを白金のるつぼに移した後に、1500 °C 程度に昇温した溶融炉に投入し、6 時間保持した。この 6 時間の間に、数回、攪拌を行った。キャストは鉄板の上にガラスを流し出すことで行い、直ちに約 500 °C に昇温した徐冷炉に投入し、30 分所定の温度に保持した後に 16 時間かけて室温まで徐冷した。このようにして得られたガラスブロックを一般的な方法で切断研磨し、板状で表面が平滑なレーザ加工用ガラス試料を準備した。

### 【0021】

#### (レーザ照射による加工しきい値の測定)

レーザ光照射によるガラス基板の加工は図 1 に示すようなレーザ光照射装置 1 を用い、以下のようにして行った。

レーザ光源 12 から出射されたレーザ光 10 は、レンズ（図示しない）で絞られて、試料ステージ 24 上の試料ホルダ 22 に固定されたガラス試料 20 に照射される。アッテネータ 50 は、それを通過するレーザ光のエネルギーを変える装置であり、マイクロメータ（図示しない）を操作することにより、通過するレーザ光 10 のエネルギーを調整することができる。このアッテネータ 50 によりエネルギーを調整されたレーザ光 10 がガラス試料 20 に照射される。

### 【0022】

試料ステージ 24 は、レーザ光 10 の光軸と平行な方向に 1 軸、レーザ光 10 の光軸に垂直な面内に 2 軸の 3 次元的に自由に移動させることができるステージである。試料ステージ 24 の移動は電気信号によって行うことができ、予め定めたように制御が可能である。

### 【0023】

また、試料ホルダ 22 はレーザ光 10 の光軸方向に対して自由に傾けることができる。レーザ光 10 の種類は、レーザ光源 12 を変えることで、Nd : YAG レーザの第 3 高調波（波長 355 nm）、第 4 高調波（波長 266 nm）と KrF エキシマレーザ（波長 248 nm）のレーザ光を選択することができる。また、マスク（図示しない）を必要に応じてガラス試料 20 近傍の光軸上に入れることによりレーザ光の径あるいはサイズを変更した。

### 【0024】

レーザによる加工しきい値の測定は、以下のようにして行った。レーザ光 10 としては Nd : YAG レーザの波長 266 nm および 355 nm の紫外光を用いた。このレーザの繰り返し周波数は 20 Hz で、パルス幅は 5 ~ 8 nm である。レーザ光 10 は焦点距離 100 mm のレンズ（図示しない）で集光し、試料ステージ 24 上の試料ホルダ 22 に固定したガラス試料 20 に照射した。照射時間は照射シャッタ 30 で制御し、2 秒とした。

### 【0025】

レーザ光 10 のエネルギーは照射シャッタ 30 を閉じた状態で、パワーメータ 40 をレーザ光 10 の光路に入れて測定した。このエネルギーをアッテネータ 50 により種々変えて試料に照射し、アブレーションが起こる限界のエネルギーを求め、加工しきい値とした。

### 【0026】

なお、レーザ光源 12 は高エネルギービームを発生するので、安全確保のため、遠隔操作可能とし、レーザ光源 12 への電源・冷却水供給装置 14 をリモートコントローラ 16 に

10

20

30

40

50

より操作するとよい。図示していないが、レーザ光源 1 2 とセッキタを内蔵し、これも遠隔操作が可能である。またガラス試料 2 0 を透過したレーザ光はビームダンパ 1 8 で吸収する。

【0027】

(熱膨張係数の測定)

熱膨張係数の測定は、日本工業規格の J I S R 3 1 0 3 にて行った。

【0028】

以下、本発明を用いた実施例を示すが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【実施例】

本発明のレーザ加工用ガラスの実施例 1 ~ 1 2 の組成は表 1 に示す通りである。各成分の組成は次の範囲にある。

・網目形成酸化物 (S i O<sub>2</sub>、B<sub>2</sub> O<sub>3</sub>) : 6 0 ~ 7 9 モル%

・中間酸化物 (A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub>、T i O<sub>2</sub>) : 5 ~ 2 0 モル%

ただし、T i O<sub>2</sub> は 5 ~ 2 0 モル% 含有していることが必須である。

・修飾酸化物 (L i<sub>2</sub> O、N a<sub>2</sub> O、K<sub>2</sub> O、M g O、C a O、S r O、B a O) : 5 ~ 2 0 モル%

本発明のレーザ加工用ガラスは不可避的な微量の不純物を除いて、実質的に上記の組成物のみからなるとよい。

【0029】

【表 1】

10

20

成分(モル%)	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
SiO <sub>2</sub>	60	60	60	60	60	60	60
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0
TiO <sub>2</sub>	10	20	20	20	20	10	20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	0	0	0	0	10	0
Na <sub>2</sub> O	10	20	15	15	15	15	15
Li <sub>2</sub> O	0	0	5	0	0	0	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0	5	0	0	0
MgO	0	0	0	0	5	0	0
CaO	0	0	0	0	0	5	0
SrO	0	0	0	0	0	0	5
BaO	10	0	0	0	0	0	0
計	100	100	100	100	100	100	100
加工しきい値(mW)							
波長:266nm	60	25	25	25	25	25	25
波長:355nm	500	300	300	300	300	300	300
熱膨張係数(×10 <sup>-7</sup> °C <sup>-1</sup> )	82	97	94	99	86	89	90

10

成分(モル%)	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	比較例1	比較例2
SiO <sub>2</sub>	60	60	60	60	65	72	37.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	10	10	10	0	12.5
TiO <sub>2</sub>	20	20	10	15	12.5	0	25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0.9	0
Na <sub>2</sub> O	15	10	10	15	12.5	12.7	25
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0
MgO	0	0	0	0	0	6	0
CaO	0	0	0	0	0	8.4	0
SrO	0	0	0	0	0	0	0
BaO	5	10	10	0	0	0	0
計	100	100	100	100	100	100	100
加工しきい値(mW)							
波長:266nm	25	25	60	30	30	—	15
波長:355nm	300	300	500	400	400	—	200
熱膨張係数(×10 <sup>-7</sup> °C <sup>-1</sup> )	91	87	82	75	64	—	118

20

30

40

## 【0030】

上記組成のレーザ加工用ガラス試料に、照射エネルギーを変えながら波長266nm、355nmのレーザ光をそれぞれ照射した。この結果、得られた加工しきい値を表1に示す。

両波長の場合とも、TiO<sub>2</sub>の濃度が増大するほど、加工しきい値が顕著に減少していることがわかる。しかし、網目形成酸化物や修飾酸化物の組成には殆ど依存しない。

## 【0031】

図2は発明者らが試験した各種組成について、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびTiO<sub>2</sub>の総量とNa<sub>2</sub>Oの量との関係をプロットし、各組成のガラス化状態を示している。図よりNa<sub>2</sub>Oに代表される修飾酸化物の量を少なくし過ぎると分相、失透が発生してしまうため、均一なガラスが作製できなくなることがわかる。すなわち、均一なガラスを作製するためには、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびTiO<sub>2</sub>の総量と修飾酸化物の総量とは、

$$(Al_2O_3 + TiO_2) / (Li_2O + Na_2O + K_2O + Rb_2O + Cs_2O + MgO + CaO + SrO + BaO) \leq 0.9 \quad (1)$$

の関係が成り立つことが好ましい。

## 【0032】

50

上記のように、レーザ<sup>1</sup>の加工しきい値を下げるためには、<sup>2</sup>を多く含ませることが必要だが、その場合、前記式(1)の条件を満たすためには修飾酸化物の濃度を増加させる必要がある。しかし、修飾酸化物の濃度を増加させると、一般に熱膨張係数は大きくなるので、加工しきい値を下げることと熱膨張係数を下げることはトレードオフの関係になっていることがわかる。

#### 【0033】

##### [比較例]

比較例1は通常の窓ガラスなどに用いられる、いわゆるソーダライムガラスである。実施例と同様に加工しきい値を求めるとき、レーザ光の波長が266nmのときの最大パワー1.10W、レーザ光の波長が355nmのときの最大パワー2.10Wのどちらにおいても、アブレーションもしくは蒸発を起こさず、試料に変化はなかった。TiO<sub>2</sub>の濃度が極めて低いか、もしくはTiO<sub>2</sub>を含まない組成では、加工しきい値は極めて高くなる。

#### 【0034】

比較例2は表1に示すように、中間酸化物のTiO<sub>2</sub>と修飾酸化物のNa<sub>2</sub>Oをともに20モル%を越える高濃度で含む材料である。実施例と同様に加工しきい値を求めるとき、レーザ光の波長が266nmで15mW、レーザ光の波長が355nmで200mWと極めて低い値であった。しかし、上述した実施例の各ガラス組成の熱膨張係数が $100 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ より小さくなっているのに対して、比較例2の組成のガラスでは熱膨張係数が $118 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ と大きくなっている。

#### 【0035】

以上の実施例と比較例を勘案すると、熱膨張係数ができるだけ小さく、かつ加工しきい値が低いガラスとしては、実施例1.1、1.2に代表される組成、すなわち(1)の条件を満たしたうえで、次の範囲の組成がもっとも好ましいことがわかる。

$$70 \leq (SiO_2 + B_2O_3) \leq 79 \text{ モル\%}$$

$$10 \leq TiO_2 \leq 15 \text{ モル\%}$$

$$10 \leq Na_2O \leq 15 \text{ モル\%}$$

#### 【0036】

##### [発明の効果]

本発明により、レーザ照射による加工しきい値が低く、かつ熱膨張係数の小さいレーザ加工用ガラスを提供できる。すなわち、本発明のレーザ加工用ガラスは、加工に必要なレーザ光エネルギーが少なくて済み、かつ熱による影響が少ないため、より精密な加工をすることができる。

##### [図面の簡単な説明]

【図1】レーザ照射による加工しきい値測定用光学系を示す模式図である。

【図2】均一なガラスが作製できる組成範囲を示す図である。

##### [符号の説明]

- 1 レーザ光照射装置
- 10 レーザ光
- 12 レーザ光源
- 20 ガラス試料
- 22 試料ホルダ
- 24 試料ステージ
- 30 照射シャッタ
- 40 パワーメータ
- 50 アッテネータ

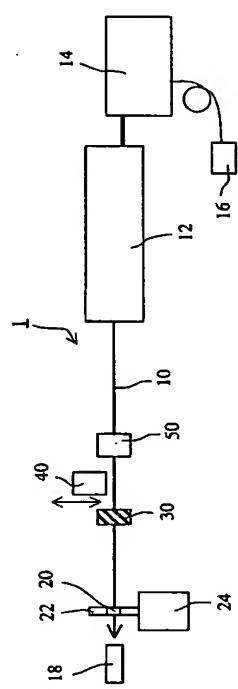
10

20

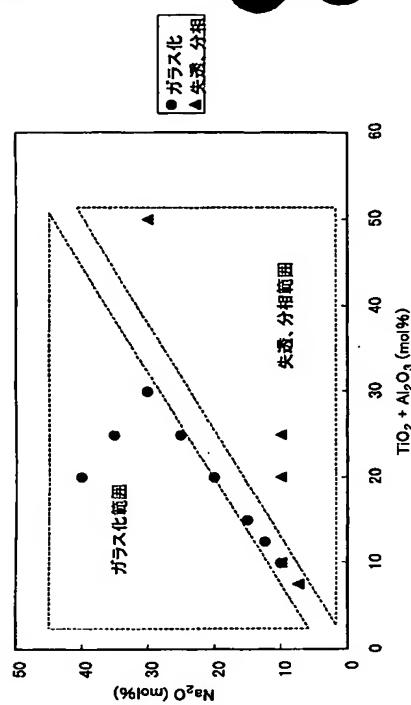
30

40

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

C 0 3 C 3/085

C 0 3 C 3/085

C 0 3 C 3/087

C 0 3 C 3/087

C 0 3 C 3/089

C 0 3 C 3/089

F ターム(参考) 4G062 AA01 AA04 BB01 CC10 DA01 DA02 DA03 DA04 DA05 DA06  
DA07 DB01 DB02 DB03 DB04 DC01 DC02 DC03 DC04 DC05  
DC06 DC07 DD01 DE01 DF01 EA01 EA02 EA03 EA04 EA10  
EB01 EB02 EB03 EB04 EC01 EC02 EC03 EC04 ED01 ED02  
ED03 ED04 EE01 EE02 EE03 EE04 EF01 EF02 EF03 EF04  
EG01 EG02 EG03 EG04 FA01 FB03 FB04 FC01 FD01 FE01  
FF01 FG01 FH01 FJ01 FK01 FL01 GA01 GA10 GB01 GC01  
GD01 GE01 HH01 HH02 HH03 HH05 HH07 HH09 HH11 HH13  
HH15 HH17 HH20 JJ01 JJ03 JJ05 JJ07 JJ10 KK01 KK03  
KK05 KK07 KK10 MM01 MM02 NN29 NN40